

# 《物理性污染控制》作业

来自 Xzonn 的小站

更新于 2020-08-02 20:13 · 渲染于 2021-01-11 12:19



## 第 1 次作业

### 1. 什么是环境物理性污染？物理性污染与化学性污染、生物性污染有何区别？

定义：

物理性污染指物理运动的强度超过了人的耐受线度，物理因素的原因产生的物理方面的环境污染。包括噪声污染、振动、电磁辐射、放射性污染、热污染、光污染等。

区别：

- 物理性污染没有形状、没有实体，是“无形污染”；而化学性、生物性污染可以找到特定的污染物。
- 物理性污染具有局部性，一般不会迁移扩散；而化学性、生物性污染可以迁移扩散到污染源的周边地区。
- 物理性污染在环境中不会残留，污染源停止运转后，污染立即消失；而化学性、生物性污染可能持续很长时间。

### 2. 怎样理解环境物理性污染是无形污染？

物理性污染主要是由物理因素产生的环境污染，如噪声污染、振动、电磁辐射、放射性污染、热污染、光污染等，而这些污染源并没有一定的实体存在，并非像化学性、生物性污染一样可以找到特定的污染物质并消除。

此外，物理性污染不会残留，污染源停止后即可消除污染。

### 3. 什么是噪声？噪声对人的健康有什么危害？

定义：

环境噪声，是指在工业生产、建筑施工、交通运输和社会生活中所产生的干扰周围生活环境的声音。环境噪声污染，是指所产生的环境噪声超过国家规定的环境噪声排放标准，并干扰他人正常生活、工作和学习的现象。

（《中华人民共和国环境噪声污染防治法》2018 年修订版）

从心理学的角度来看，凡是人们不需要的声音统称为噪声。

危害：

- 对听力造成损伤。这是噪声对人体最直接的危害。长期在强烈噪声中工作，内耳器官会发生病变，造成噪声性耳聋。
- 对睡眠产生干扰。噪声影响睡眠质量，强烈的噪声甚至会使人心烦意乱，无法入睡。突发性噪声会使睡眠中的人惊醒。
- 对交谈和通讯联络产生干扰。噪声会干扰人们的谈话、开会、打电话、学习和工作。如果噪声高达 90 dB，即使大喊大叫对方也很难听清楚。
- 对生理健康产生影响。噪声作用于大脑中枢神经系统，会影响到全身各个器官，给消化、神经、免疫以及其他系统带来危害。
- 对仪器设备和建筑结构产生危害。当噪声超过 135 dB 时会使电子仪器产生错动而发生故障，超过 150 dB 时仪器的元件可能失效或损坏。噪声超过 140 dB 时，建筑物会遭受损伤。

- 对工作效率产生影响。噪声会使人注意力分散，容易出现差错，工作效率下降。

#### 4. 真空中能否传播声波？为什么？

不能。

声音来源于振动，声波是一种纵波，其传播需要一定的传播介质。声源的振动引起弹性媒介（包括气体、液体、固体）的振动，从而产生声波。而在真空中没有声音传播的介质，因此真空无法传播声波。

#### 5. 可听声的频率范围为 20 Hz ~ 20 kHz, 试求出 500、5000 与 10 000 Hz 声波波长？

由波速、波长和频率的关系可知：

$$c = \lambda f$$

空气中的声速取 340 m/s, 则当  $f = 500 \text{ Hz}$  时,  $\lambda = \frac{c}{f} = 0.68 \text{ m}$ 。同理求出  $f = 5000 \text{ Hz}$  时  $\lambda = 6.8 \text{ cm}$ ,  $f = 10000 \text{ Hz}$  时  $\lambda = 3.4 \text{ cm}$ 。

#### 6. 声压增大为原来的两倍时，对应的声压级与声强级提高多少分贝？

声压级的表达式为：

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}$$

则当  $p$  增大为原来的 2 倍时，声压级增加  $20 \lg 2 = 6 \text{ dB}$ 。

根据声压与声强的关系：

$$I = \frac{p^2}{\rho c}$$

当  $p$  增大为原来的 2 倍时，声强变为原来的 4 倍，声强级的表达式为：

$$L_i = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

则声强级增加  $10 \lg 4 = 6 \text{ dB}$ 。

#### 7. 某噪声的上下限频率分别为 88 与 44 Hz, 试求带宽、频程倍数 $n$ 与中心频率。

带宽:  $\Delta f = (88 - 44) \text{ Hz} = 44 \text{ Hz}$ 。

频程倍数:  $n = \log_2 \frac{f_2}{f_1} = \log_2 (88/44) = 1$ 。

中心频率:  $f_0 = \sqrt{f_1 f_2} = \sqrt{88 \times 44} \text{ Hz} = 62 \text{ Hz}$ 。

## 第 2 次作业

1. 已知某声源均匀辐射球面波，在距声源 4 米处测得有效声压为 2 Pa, 空气密度为  $1.2 \text{ kg/m}^3$ 。请计算测点处的声强、质点振动速度有效值和声功率。

解答：

由题意已知， $r = 4 \text{ m}$  时  $p = 2 \text{ Pa}$ 。

则声强为:

$$I = \frac{p^2}{\rho c} = \frac{2^2}{1.2 \times 340} \text{ W/m}^2 = 9.8 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

声功率为:

$$W = 4\pi r^2 I = 4\pi \times 4^2 \times 9.8 \times 10^{-3} \text{ W} = 2.0 \text{ W}$$

质点振动速度有效值为:

$$v_0 = \frac{p_0}{\rho c} = \frac{2}{1.2 \times 340} \text{ m/s} = 4.9 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

2. 在半自由声场空间中离点声源 2 米处测得声压级的平均值为 88 dB, 1. 求其声功率级与声功率; 2. 求距离声源 5 米处的声压级。

解答:

(1) 由题意已知,  $r = 2 \text{ m}$  时  $L_p = 88 \text{ dB}$ 。

由  $L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}$  得:

$$p = p_0 \cdot 10^{L_p/20} = 2 \times 10^{-5} \times 10^{4.4} \text{ Pa} = 0.50 \text{ Pa}$$

则声功率为:

$$W = 2\pi r^2 I = \frac{2\pi r^2 p^2}{\rho c} = \frac{2\pi \times 2^2 \times (0.50)^2}{1.2 \times 340} \text{ W} = 0.016 \text{ W}$$

声功率级为:

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0} = 10 \lg \frac{0.016}{10^{-12}} = 102 \text{ dB}$$

(2) 由 (1) 中数据得:

$$p_5 = \sqrt{\frac{W \rho c}{2\pi r^2}} = \sqrt{\frac{0.016 \times 1.2 \times 340}{2\pi \times 5^2}} \text{ Pa} = 0.20 \text{ Pa}$$

则声压级为:

$$L_{p5} = 20 \lg \frac{p_5}{p_0} = 20 \lg \frac{0.20}{2 \times 10^{-5}} = 80 \text{ dB}$$

3. 某测点的背景噪声为 65 dB, 周围有三台机器, 单独工作时, 在测点处测得的噪声级分别为 70, 76 和 78 dB, 请问这三台机器同时工作时, 在测点的中声压级。

解答:

由题意已知, 背景噪声声压级  $L_{p0} = 65 \text{ dB}$ , 三台机器工作声压级分别

为  $L_{p1} = 70 \text{ dB}$ ,  $L_{p2} = 76 \text{ dB}$ ,  $L_{p3} = 78 \text{ dB}$ 。

则 3 台机器产生的声压级为:

$$L_{p1a} = 10 \lg(10^{L_{p1}/10} - 10^{L_{p0}/10}) = 10 \lg(10^7 - 10^{6.5}) \text{ dB} = 68.3 \text{ dB}$$

$$L_{p2a} = 10 \lg(10^{L_{p2}/10} - 10^{L_{p0}/10}) = 10 \lg(10^{7.6} - 10^{6.5}) \text{ dB} = 75.6 \text{ dB}$$

$$L_{p3a} = 10 \lg(10^{L_{p3}/10} - 10^{L_{p0}/10}) = 10 \lg(10^{7.8} - 10^{6.5}) \text{ dB} = 77.8 \text{ dB}$$

故三台机器同时工作声压级为:

$$L_p = 10 \lg(10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + 10^{L_{p3}/10} + 10^{L_{p0}/10}) = 10 \lg(10^{6.83} + 10^{7.56} + 10^{7.78} + 10^{6.5}) \text{ dB} = 80 \text{ dB}$$

4. 某点附近有 2 台机器，当机器都未工作时，该点的声压级为 50 dB，若同时工作时，该点的声压级为 60 dB；当其中 1 台工作时，则该点的声压级为 55 dB，请问另 1 台机器单独工作时，该点的声压级为多少？

解答:

由题意已知，背景噪声声压级  $L_{p0} = 50 \text{ dB}$ ，第 1 台机器工作声压级  $L_{p1} = 55 \text{ dB}$ ，两台机器总工作声压级  $L_p = 60 \text{ dB}$ 。

则第 2 台机器产生的声压级为:

$$L_{p2a} = 10 \lg(10^{L_p/10} - 10^{L_{p1}/10}) = 10 \lg(10^6 - 10^{5.5}) \text{ dB} = 58.3 \text{ dB}$$

第 2 台机器单独工作时该点的声压级为:

$$L_{p2} = 10 \lg(10^{L_{p2a}/10} + 10^{L_{p0}/10}) = 10 \lg(10^{5.83} + 10^5) \text{ dB} = 59 \text{ dB}$$

5. 在某测点处测得一台噪声源的总声压级为 100 dB，不同倍频带声压级如下，请问中心频率为 1000Hz 时，声压级为多少？

中心频率/Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
声压级/dB	87	90	91	80	?	85	84	95

解答:

由题意得:

$$L_{p,1000} = 10 \lg(10^{L_p/10} - (\sum 10^{L_{p,i}/10})) = 95 \text{ dB}$$

### 第 3 次作业

1. 甲在 82 dB (A) 的噪声下工作 8 小时，乙在 78 dB(A) 的噪声下工作 2 小时，在 84 dB(A) 的噪声下工作 4 个小时，在 86 dB(A) 下工作 2 小时。问谁受到的危害大。

解答: 分别计算甲乙的等效连续 A 声级  $L_{eq}$ 。易知  $L_{eq甲} = 82 \text{ dB(A)}$ 。由公式得:

$$\begin{aligned}
 L_{eqZ} &= 10 \lg \left[ \frac{1}{\sum_i t_i} \sum_{i=1} 10^{0.1 L_{A_i} t_i} \right] \\
 &= 10 \lg \left[ \frac{1}{8} (10^{7.8} \times 2 + 10^{8.4} \times 4 + 10^{8.6} \times 2) \right] \\
 &= 83.8 \text{ dB(A)} > 82 \text{ dB(A)}
 \end{aligned}$$

故乙受到的危害大。

2. 某工人一天工作 8 小时，在 91 dB(A) 下工作 1 小时，90 dB(A) 下工作 3 小时，86 dB(A) 下工作 2 小时，其余时间在 78 dB(A) 下工作。计算工作时间等效连续 A 声级。

解答：由公式得：

$$\begin{aligned}
 L_{eq} &= 10 \lg \left[ \frac{1}{\sum_i t_i} \sum_{i=1} 10^{0.1 L_{A_i} t_i} \right] \\
 &= 10 \lg \left[ \frac{1}{8} (10^{9.1} \times 1 + 10^9 \times 3 + 10^{8.6} \times 2 + 10^{7.8} \times 2) \right] \\
 &= 88.1 \text{ dB(A)}
 \end{aligned}$$

即工作时间等效连续 A 声级为 88.1 dB(A)。

3. 对某区域进行 24 小时监测，测得 A 声级如下表所示，计算该渠道昼夜等效声级。

昼夜	白天				夜间		
时间/h	3	6	2	5	2	2	4
A 声级/dB(A)	50	54	51	70	50	45	40

解答：先对夜间噪声进行增加 10 dB 加权处理，再代入公式：

$$\begin{aligned}
 L_{eq} &= 10 \lg \left[ \frac{1}{\sum_i t_i} \sum_{i=1} 10^{0.1 L_{A_i} t_i} \right] \\
 &= 10 \lg \left[ \frac{1}{24} (10^5 \times 3 + 10^{5.4} \times 6 + 10^{5.1} \times 2 + 10^7 \times 5 + 10^{5+1} \times 2 + 10^{4.5+1} \times 2 + 10^{4+1} \times 4) \right] \\
 &= 63.6 \text{ dB(A)}
 \end{aligned}$$

即昼夜等效声级为 63.6 dB(A)。

4. 在铁路旁某处测得：当货车经过时，在 2.5 分钟内的平均声压级为 72 dB(A)，客车通过 1.5 分钟内的平均声压级为 68 dB(A)，无车通过时环境噪声约为 60 dB(A)；该处白天 12 个小时内有 65 列火车通过，其中货车 45 列，客车 20 列，计算该地点白天 12 个小时的等效连续声级。

解答：计算得货车通过总时间为 112.5 min = 1.875 h，客车通过总时间为 30 min = 0.5 h，无车通过总时间为 9.625 h。

代入公式：

$$\begin{aligned} L_{eq} &= 10 \lg \left[ \frac{1}{\sum_i t_i} \sum_{i=1} 10^{0.1 L_{A_i} t_i} \right] \\ &= 10 \lg \left[ \frac{1}{12} (10^{7.2} \times 1.875 + 10^{6.8} \times 0.5 + 10^6 \times 9.625) \right] \\ &= 65.5 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

即该点白天 12 小时等效连续声级为 65.5 dB(A)。

## 第 4 次作业

1. 有一房间大小为  $4 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ ，500 Hz 时地面吸声系数为 0.02，墙面吸声系数为 0.05，平顶吸声系数为 0.25，求总吸声量与平均吸声系数。

解答：由题意计算地面 / 平顶面积为  $4 \times 5 \text{ m}^2 = 20 \text{ m}^2$ ，墙面面积为  $(4 + 5) \times 3 \times 2 \text{ m}^2 = 54 \text{ m}^2$ 。

故总吸声量为：

$$20 \times 0.02 + 20 \times 0.25 + 54 \times 0.05 \text{ m}^2 = 8.1 \text{ m}^2$$

平均吸声系数为：

$$\frac{8.1}{20 + 20 + 54} = 0.086$$

2. 穿孔板厚 4 mm，孔径 8 mm，穿孔按正方形排列，孔距 20 mm，穿孔板厚留 10 cm 厚的空气层，试求穿孔率和共振频率。

解答：由题意计算穿孔率：

$$P = \frac{S}{A} = \frac{\pi \times (8/2)^2}{20^2} \times 100\% = 12.6\%$$

共振频率为：

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{P}{D(t + \delta)}} = \frac{340}{2\pi} \sqrt{\frac{12.6\%}{0.1(0.004 + 0.008\pi/4)}} \text{ Hz} = 599 \text{ Hz}$$

3. 某房间大小为  $6 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ ，墙壁、天花板和地板在 1 kHz 的吸声系数分别为 0.06、0.08 及 0.08，若在天花板上安装一种 1 kHz 的吸声系数为 0.8 的吸声贴面天花板，求该频带在吸声处理前、后的混响时间与处理后的吸声降噪量。

解答：由题意计算地板 / 天花板面积为  $6 \times 7 \text{ m}^2 = 42 \text{ m}^2$ ，墙壁面积为  $(6 + 7) \times 3 \times 2 \text{ m}^2 = 78 \text{ m}^2$ 。

则处理前的平均吸声系数为：

$$\frac{42 \times 0.08 + 42 \times 0.08 + 78 \times 0.06}{42 \times 2 + 78} = 0.070$$

混响时间为：

$$T_{60} = \frac{0.161V}{-S \ln(1 - \bar{\alpha})} = \frac{0.161 \times 6 \times 7 \times 3}{-(42 \times 2 + 78) \ln(1 - 0.070)} \text{ s} = 1.72 \text{ s}$$

处理后的平均吸声系数为:

$$\frac{42 \times 0.08 + 42 \times 0.8 + 78 \times 0.06}{42 \times 2 + 78} = 0.26$$

混响时间为:

$$T_{60} = \frac{0.161V}{-S \ln(1 - \bar{\alpha})} = \frac{0.161 \times 6 \times 7 \times 3}{-(42 \times 2 + 78) \ln(1 - 0.26)} \text{ s} = 0.42 \text{ s}$$

处理后的吸声降噪量为:

$$\Delta L_p = 10 \lg \frac{\bar{\alpha}_2(1 - \bar{\alpha}_1)}{\bar{\alpha}_1(1 - \bar{\alpha}_2)} = 6.6 \text{ dB}$$

4. 某一隔声墙面积为  $16 \text{ m}^2$ ，其中门、窗所占的面积为  $2$  和  $4 \text{ m}^2$ ，若墙体、门、窗的隔声量分别为  $50$ 、 $20$ 、 $15 \text{ dB}$ ，求该隔声墙的平均隔声量。

解答：先计算墙体、门、窗的透射系数分别为： $10^{-5}$ 、 $10^{-2}$ 、 $10^{-1.5}$ ，则平均透射系数为:

$$\frac{10 \times 10^{-5} + 2 \times 10^{-2} + 4 \times 10^{-1.5}}{10 + 2 + 4} = 9.16 \times 10^{-3}$$

平均隔声量为:

$$-10 \lg(9.16 \times 10^{-3}) \text{ dB} = 20.4 \text{ dB}$$

5. 为隔离强噪声源，某车间用一道隔声墙将车间分成两部分，墙上装一  $3 \text{ mm}$  厚的普通玻璃窗，面积占墙体的  $1/4$ ，设墙体的隔声量为  $45 \text{ dB}$ ，玻璃窗的隔声量为  $20 \text{ dB}$ ，求该组合墙的平均隔声量。

解答：先计算墙体、窗的透射系数分别为： $10^{-4.5}$ 、 $10^{-2}$ ，则平均透射系数为:

$$\frac{0.75 \times 10^{-4.5} + 0.25 \times 10^{-2}}{1} = 2.5 \times 10^{-3}$$

平均隔声量为:

$$-10 \lg(2.5 \times 10^{-3}) \text{ dB} = 26.0 \text{ dB}$$

6. 要求某隔声罩在  $2000 \text{ Hz}$  处具有  $38 \text{ dB}$  的插入损失，罩壳材料在该频带的透射系数为  $2 \times 10^{-4}$ ，求隔声罩内壁所需要的平均吸声系数。

解答：由题意得:

$$IL = R + 10 \lg \bar{\alpha}$$

其中:

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 37.0$$

故:

$$\bar{a} = 10^{(IL-R)/10} = 10^{(38-37)/10} = 1.26$$

